

Министерство науки и высшего образования РФ  
Правительство города Севастополя  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»  
Всероссийское гидробиологическое общество при Российской академии наук  
Русское географическое общество  
Паразитологическое общество при Российской академии наук

# Изучение водных и наземных экосистем: история и современность

Международная научная конференция, посвящённая 150-летию  
Севастопольской биологической станции —  
Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского  
и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий»

Тезисы докладов

13–18 сентября 2021 г.  
Севастополь, Российская Федерация

Севастополь  
ФИЦ ИНБЮМ  
2021

## **Пространственное распределение $^{137}\text{Cs}$ в акваториях Мирового океана по результатам экспедиционных исследований 2016–2020 гг.**

**Мирошниченко О. Н., Сидоров И. Г., Параскив А. А.**

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

[oksaniya\\_89@mail.ru](mailto:oksaniya_89@mail.ru)

Цезий-137 является долгоживущим осколочным радионуклидом с периодом полураспада 30,17 года, образующимся в реакторах атомных станций и при ядерных взрывах. Известно, что в период испытаний ядерного оружия в атмосфере, которые достигли своего максимума в 1962 г., в окружающую среду поступило до 1300–1500 ПБк цезия-137 [НКДАР при ООН, 1982]. Глобальные бомбовые выпадения преобладали в Северном полушарии; значительно меньшее количество выпадений в Южном полушарии объясняется относительно небольшим числом испытательных взрывов, а также ограниченным атмосферным обменом между северной и южной стратосферами [WOMARS, 2005]. Сбросы радиохимических предприятий Европы в середине XX в. и авария на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. также внесли значительный вклад в загрязнение морских акваторий цезием-137 [Buesseler, 2014]. Авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. — это катастрофа XX в., в результате которой произошёл выброс порядка 100 ПБк цезия-137 [Gudiksen et al., 1989]. Атмосферный перенос продуктов аварии происходил вначале в северо-западном, а затем в южном направлении, в связи с этим наибольшему загрязнению подверглись Балтийское, Северное, Чёрное и Средиземное моря [Mourad, 1988]. Поступление чернобыльского цезия-137 в Мировой океан оценивается в 15–20 % от глобальных выпадений и составляет порядка 18 ПБк. Таким образом, к 2011 г. общее количество чернобыльского цезия-137 уменьшилось до 56 ПБк вследствие радиоактивного распада, а в океане осталось 8–11 ПБк; суммарное же количество цезия-137 в Мировом океане оценивается в 200 ПБк [Buesseler, 2014].

Таким образом, цезий-137 является в настоящее время одним из главных факторов радиоактивного загрязнения биосферы, а радиоаналитический контроль и мониторинг его содержания в морских экосистемах представляется одной из наиболее актуальных задач обеспечения их радиационной безопасности. Цель настоящих исследований — оценка современных уровней концентрации и распределения техногенного радионуклида цезия-137 в поверхностных водах акваторий Мирового океана в рамках радиохемиэкологического мониторинга.

Объектами исследования были поверхностные воды морей Евразии (Восточно-Китайское, Южно-Китайское, Красное, Средиземное, Северное, Балтийское) и Арктики (Баренцево, Норвежское), дальневосточные моря (Японское, Охотское, Берингово), район Антарктического полуострова, Атлантический океан, а также Чёрное и Азовское моря. Пробы отбирались сотрудниками отдела радиационной и химической биологии ФИЦ ИнБЮМ, принимавшими участие в кругосветных экспедициях на НИС «Академик Борис Петров» (42-й рейс в 2017 г.), НИС «Академик Мстислав Келдыш» (68-й рейс в 2017 г.; 79-й рейс в 2020 г.), НИС «М. А. Лаврентьев» (82-й рейс в 2018 г.). Экспедиционные исследования Азово-Черноморского региона проходили на НИС «Профессор Водяницкий» ФИЦ ИнБЮМ. Всего за период 2016–2020 гг. проведены исследования в 15 рейсах на НИС «Профессор Водяницкий».

Определение объёмной активности цезия-137 в пробах воды объёмом 60–100 л проводили сорбционным методом с использованием в качестве сорбента ферроцианида переход-

ных металлов. Активность цезия-137 в сорбентах измеряли на NaI(Tl) гамма-спектрометре и 1282 CompuGamma CS (LKB Wallac, Финляндия) по дочернему гамма-излучающему радионуклиду  $^{137m}\text{Ba}$ . Относительная погрешность полученных результатов не превышала 20 % [Gulin et al., 2015].

По итогам 42-го рейса НИС «Академик Борис Петров», опубликованным в 2019 г. [Miroshnichenko et al., 2019], показано, что концентрация цезия-137 в поверхностной воде морей Евразии находится на уровне 1–6 Бк·м<sup>-3</sup>. Исключение составляет Балтийское море, где уровень содержания цезия-137 значительно превышает величины, наблюдавшиеся в дочерно-быльский период. Обнаружена более высокая, по сравнению с предыдущими оценками, концентрация цезия-137 в поверхностных водах Восточно-Китайского моря, что может быть связано со значительным сбросом высокоактивных жидких радиоактивных отходов после аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. В морях Арктики — в Норвежском и Баренцевом — активность цезия-137 в указанных акваториях находилась в пределах 1,5–4 Бк·м<sup>-3</sup> и отличалась равномерностью. Низкие уровни цезия-137 в поверхностных водах свидетельствуют об отсутствии значимых источников радиоактивного загрязнения этой части Мирового океана [Miroshnichenko et al., 2019].

В исследованных в 82-м рейсе НИС «М. А. Лаврентьев» акваториях дальневосточных морей объёмная активность цезия-137 в поверхностной воде составила 1,7–5 Бк·м<sup>-3</sup>. Максимальные уровни загрязнения радиоцезием характерны для поверхностных вод Японского моря, что может быть связано с его изолированностью от других акваторий и с наличием вторичных источников поступления радионуклидов. Кроме того, накоплению радионуклида в водоёме способствует слабый водообмен в Японском море [Мирошниченко и др., 2020].

В 79-й экспедиции на НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2020 г. получены данные по содержанию цезия-137 в поверхностных водах, которые омывают Антарктический полуостров, находящиеся в пределах от ниже детектируемого до 0,88 Бк·м<sup>-3</sup>. В 4-м этапе экспедиции был выполнен трансатлантический разрез, в котором получено широтное распределение цезия-137 в поверхностных водах Атлантического океана. Широтное распределение растворённой формы цезия-137, как и ожидалось, определяется характером глобальных выпадений с более высокими концентрациями в средних широтах как Северного, так и Южного полушарий. Определено, что объёмная активность цезия-137 в Атлантике остаётся на уровне 0,7–1,5 Бк·м<sup>-3</sup>.

В Чёрном и Азовском морях концентрации цезия-137 остаются в 4–15 раз выше, чем в других акваториях Мирового океана, в связи с непосредственной близостью к Чернобыльской АЭС, откуда, помимо атмосферных выпадений, происходило хроническое вторичное поступление поставарийных радионуклидов с речным и континентальным стоком. За период 2016–2020 гг. объёмная активность радиоцезия в Чёрном море находилась в пределах 11–15 Бк·м<sup>-3</sup>, в Азовском средняя концентрация составила 4,8 Бк·м<sup>-3</sup>. При этом в Чёрном море уровни цезия-137 достигли дочернобыльских величин, а в Азовском море они остаются в 1,5–2 раза выше доаварийных значений [Матишов, 2004], что может быть связано с дополнительным поступлением растворённого цезия-137 из Чёрного моря через Керченский пролив.

Таким образом, объёмная активность цезия-137 в современный период находится на уровне техногенного фона и составляет 1–5 Бк·м<sup>-3</sup>. Поверхностное распределение растворённого цезия-137 в открытых районах Мирового океана зависит от гидрологических особенностей акватории, в то время как в замкнутых водоёмах с ограниченным водообменом дополнительный цезий-137 привносится с материковым стоком.

В акваториях Мирового океана — близлежащих зонах распространения чернобыльских выпадений (в Балтийском, Чёрном и Азовском морях) концентрация цезия-137 в 5–50 раз выше, чем

в других районах Мирового океана. Это связано с их изолированностью и с наличием вторичных источников поступления техногенных радионуклидов.

*Работа подготовлена в рамках темы государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Молисмо-логические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 121031500515-8). Исследования в Антарктике и в Атлантическом океане выполнены в рамках темы государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Комплексные исследования современного состояния экосистемы атлантического сектора Антарктики» (№ AAAA-A19-119100290162-0).*